

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-225119

(43)公開日 平成11年(1999) 8月17日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup>

H 0 4 B 13/00

識別記号

F I

H 0 4 B 13/00

審査請求 未請求 請求項の数28 O L (全 12 頁)

(21)出願番号 特願平10-314181

(22)出願日 平成10年(1998)11月 5 日

(31)優先権主張番号 9 6 5 4 6 5

(32)優先日 1997年11月 6 日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 596060697

マサチューセッツ・インスティテュート・  
オブ・テクノロジー  
アメリカ合衆国マサチューセッツ州02139  
ケンブリッジ, マサチューセッツ・アヴェ  
ニュー・77

(72)発明者 イー・レーミ・ポスト

アメリカ合衆国マサチューセッツ州02139,  
ケンブリッジ, ナンバー401, フランクリ  
ン・ストリート・332

(74)代理人 弁理士 古谷 馨 (外2名)

最終頁に続く

(54)【発明の名称】 人体を介して電力と情報を伝達するための方法及び装置

(57)【要約】

【課題】ユーザの体を介してデータ及び電力を伝送するための方法及び装置を提供する。

【解決手段】一つの実施態様では、ユーザによって運ばれる送信機が、受信機に電力とデータを送信する。送信機がユーザの体に与える信号は、データ成分を含むだけでなく、受信機に電力を供給して、受信機がデータを検出してデコードすることができるようにする。別の実施態様では、送信機または受信機は、ユーザの体から物理的に離れて配置され（しかし、受信機と送信機の両方とも、周囲のグラウンドに結合される）、データと電力は、送信機と受信機とが、ユーザの体を介して、容量性の結合が可能になるほど十分に近接するようになると送信される。本発明は、様々な用途に広く適用できる。それは、物理的な接触によって、個人間のデジタル情報の「人体間」交換から、ユーザとユーザのすぐ近くの間との間の通信を可能とするデバイスへの「人体内」データ伝送にまで及ぶ。

**【特許請求の範囲】**

【請求項 1】ユーザの体を介した無線通信を容易にするための方法であって、

- a. 前記ユーザ及びグラウンドに容量的に結合された送信手段を提供することと、
- b. 前記送信手段が、ユーザの体を介して、電力成分及びデータ成分からなる時間変化する信号を通過させるように該送信手段を動作させることと、
- c. 前記ユーザ及びグラウンドに容量的に結合された受信手段を提供することと、
- d. 前記受信手段が、前記電力成分を検出して、該電力成分から電力を復元し、前記電力を使用して前記データ成分を検出するように該受信手段を動作させることとからなる方法。

【請求項 2】前記信号が変調された A C キャリア信号からなり、前記電力成分は該キャリア内に存在し、前記データ成分は、該信号変調内に存在することからなる請求項 1 の方法。

【請求項 3】前記電力成分が第 1 の周波数で送信され、前記データ成分が前記第 1 の周波数とは異なる第 2 の周波数で送信されることからなる請求項 1 の方法。

【請求項 4】前記第 1 の周波数が、前記第 2 の周波数と異なることからなる請求項 3 の方法。

【請求項 5】前記受信手段が、送信回路も含む第 1 のトランシーバであり、前記送信手段が受信回路も含む第 2 のトランシーバであって、

- a. 前記第 1 のトランシーバが、前記第 2 のトランシーバから受信された前記電力を使用して、前記第 2 のトランシーバにデータを送信するように、該第 1 のトランシーバを動作させるステップと、
- b. 前記第 2 のトランシーバが、前記第 1 のトランシーバから前記データを検出するように、該第 2 のトランシーバを動作させるステップとからなる請求項 1 の方法。

【請求項 6】前記信号が、前記データ成分を符号化する広帯域のキャリア信号からなり、前記電力成分が、該広帯域のキャリア内に存在することからなる請求項 1 の方法。

【請求項 7】前記送信手段が、前記ユーザから物理的に離れて配置されており、前記送信手段を動作させるステップが、前記送信手段に前記電力成分に関連したローディングの量を検出させて、前記ローディングの量が前記ユーザへの容量性の結合を示すための予め決定されたしきい値を超える場合のみ、前記データ成分を通過させることを含むことからなる請求項 1 の方法。

【請求項 8】前記送信手段及び受信手段の両方が前記ユーザに物理的に結合していることからなる請求項 1 の方法。

【請求項 9】前記受信手段が、送信回路及び受信回路からなるトランシーバであって、

a. 前記ユーザ及びグラウンドに容量的に結合された第 2 の受信手段を提供するステップと、

b. 前記トランシーバが、前記送信手段から受信した前記データに基づいて情報を符号化するデータ成分からなる時間変化する信号を、前記ユーザの体を介して通過させるように、該トランシーバを動作させるステップと、

c. 前記第 2 の受信手段が、前記送信手段からの前記電力成分を検出して、該電力成分から電力を復元し、前記電力を使用して前記トランシーバの信号の前記データ成分を検出するように、該第 2 の受信手段を動作させるステップとからなる請求項 1 の方法。

【請求項 1 0】前記第 2 の受信手段が、前記ユーザに物理的に結合していることからなる請求項 9 の方法。

【請求項 1 1】前記第 2 の受信手段が、前記ユーザから物理的に離れて配置されていることからなる請求項 9 の方法。

【請求項 1 2】前記データ成分が、振幅変調によって前記信号に符号化されることからなる請求項 1 の方法。

【請求項 1 3】前記データ成分が、周波数変調によって前記信号に符号化されることからなる請求項 1 の方法。

【請求項 1 4】前記データ成分が、スペクトラム拡散符号化によって前記信号に符号化されることからなる請求項 1 の方法。

【請求項 1 5】前記データ成分が、位相変調によって符号化されることからなる請求項 1 の方法。

【請求項 1 6】ユーザの体を介した無線通信を容易にするための方法であって、

a. 前記ユーザ及びグラウンドに容量的に結合された、電気的特性の変化を検出するための手段からなる送信手段を提供することと、

b. 前記ユーザ及びグラウンドに容量的に結合された、検出可能な電気的特性を有する受信手段を提供することと、

c. 前記送信手段が、前記受信手段に電力を供給するのに十分な量である時間変化する信号を、前記ユーザの体を介して通過させるように、該送信手段を動作させることと、

d. 前記送信手段が、情報を復元するために前記電気的特性を検出するように、該送信手段を動作させることとからなる方法。

【請求項 1 7】前記受信手段が、情報を示す方法で前記電気的特性を変化させるように該受信手段を動作させるステップと、前記変化を検出する前記送信手段が前記情報を復元するように該送信手段を動作させるステップとからなる請求項 1 6 の方法。

【請求項 1 8】前記検出可能な電気的特性がインピーダンスであることからなる請求項 1 6 の方法。

【請求項 1 9】前記検出可能な電気的特性がインピーダンスであり、前記変動が、前記送信手段において、対応

するローディングの変化を生成し、前記送信手段が前記ローディングの変化によって前記インピーダンスの変化を検出することからなる請求項 17 の方法。

【請求項 20】前記検出可能な電気的特性が蓄えられたエネルギーの振動減衰であることからなる請求項 16 の方法。

【請求項 21】前記受信手段が、共振周波数を有する LC 回路からなり、前記受信手段は、前記共振周波数をシフトすることによって、前記インピーダンスを変化させることからなる請求項 19 の方法。

【請求項 22】前記受信手段が、Q ファクターを有する LC 回路からなり、前記受信手段が、前記 Q ファクターを変えることによって、前記インピーダンスを変化させることからなる請求項 19 の方法。

【請求項 23】前記検出可能な特性が共振周波数であることからなる請求項 16 の方法。

【請求項 24】前記受信手段が共振周波数を有する LC 回路からなり、前記共振周波数が、外部の状況にตอบสนองして変化し、前記送信手段は、前記共振周波数を見つけることによって前記外部の状況を検出することからなる請求項 23 の方法。

【請求項 25】前記外部の条件が、(1) 温度、(2) 湿度、(3) 光、および (4) 加えられる力のうちの少なくとも一つであることからなる請求項 24 の方法。

【請求項 26】前記検出可能な特性が結合の強さであって、この結合の強さは、前記送信手段と前記受信手段との間の距離を示すことからなる請求項 16 の方法。

【請求項 27】ユーザの体を介する無線通信のための装置であって、

- a. 前記ユーザ及びグラウンドに容量的に結合するための一対の電極からなる送信手段と、
- b. 前記送信手段が、電力成分とデータ成分とからなる時間変化する信号を、前記電極によって前記ユーザの体を介して通過させるように、該送信手段を動作させるための制御手段と、
- c. 前記ユーザ及びグラウンドに容量的に結合するための一対の電極からなる受信手段と、
- d. 前記受信手段が、前記電力成分を検出して、該電力成分から電力を復元し、前記電力を使用して前記データ成分を検出するように該受信手段を動作させるための制御手段とからなる装置。

【請求項 28】ユーザの体を介する無線通信のための装置であって、

- a. 送信手段が、
  - (1) 前記ユーザとグラウンドに容量的に結合するための一対の電極と、
  - (2) 前記電極によって前記ユーザの体を介して、時間変化する信号を通過させるための手段と、
  - (3) 選択された電気的特性の変化を検出するための手段からなる手段とからなり、

b. 受信手段が、

- (1) 前記時間変化する信号を受信するために、前記ユーザとグラウンドに容量的に結合するための一対の電極と、
- (2) 前記時間変化する信号から電力を取り込むための手段と、
- (3) 前記受信機の電気的特性を変化させるための手段と、
- (4) 前記受信手段が、前記電気的特性を変化させるように、該受信手段を動作させるための手段とからなり、ここで、

c. 前記時間変化する信号は、前記受信手段を動作させるのに十分な量であり、 d. 前記電気的特性は、情報を示す方法で変化させられることからなる装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電気通信に関連し、特に、静電結合によってユーザの体を通して電気信号を伝達することに関連する。

【0002】

【従来の技術】コンピュータの能力を個々人の毎日の生活に真に統合するという目的のために、相当な研究努力が、様々な見地からなされてきた。部品の小型化によって、(腕時計、宝飾品及び衣服用のアクセサリなどの)着用可能なアイテムは、今や、さりげない、そのままの有用性を維持しながら、様々な作業を実行する処理能力をコンピュータに提供することができる。布地デザインにおける最近の進歩によって、衣服それ自身が電気信号を伝えることが可能となり、一方、個人の環境のまわりに分散して配置された電極は、静かに、目立たないように、位置、向き、動きをモニタすることができる。今日では、処理能力を様々な身に付けた部品上に分散して配置することができ、ユーザは、意識して努力することなく、周囲の環境とコンピュータを使って相互作用することができる。

【0003】着用可能なデバイスを設計することに対する重要な原則は、ユーザの現在の習慣及び好みに適応させることであり、ユーザを新しい器具に適応させるように強制することではない。ユーザの体を電気通信のチャンネルとして利用する「パーソナルエリアネットワーク(PANs、以下ではPANとも記載)」のコンセプトは、この方向において重大なステップを表している。米国特許出願第08/907,062に記載されているように、着用されるあるいは、持ち運ばれる電子デバイス間の静電結合(すなわち、容量的結合)により、これらのアイテムがユーザの体を介して、それらの間でデータや制御信号を共有し、あるいは、すぐ近くに近づくかまたは触れることによって、(他の人や、壁に取り付けられた受信機のような)外部の受信者にデータを伝送して、相互に通信することが可能となる。

【0004】静電結合は、放射エネルギーを伴う伝統的な電気通信の形態からの離脱を意味する。例えば、無線周波数認識 (radio-frequency identification (RFID)) デバイスが、人間のあるいは物体の興味のあるパラメータを遠隔検出するために、長い間使用されてきた。RFIDデバイスは、外部に置かれた「読み取り装置 (reader)」から無線信号を受信し、読み取り装置は、送信した信号に対するRFIDデバイスの応答に基づいて興味のあるパラメータを決定する。この技術の簡単な応用は、機密保護である。すなわち、個人がRFID用の「タグ」またはバッジを身に付けており、彼らが近づいたときに、その身に付けたタグが認識される場合のみ、進入制御システムはドアのロックを解除する。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】放射を伴うシステムは、比較的大きな (すなわち、遠距離電磁界 (far field)) 読み取り範囲に対して構成することができる。しかし、この能力は、環境が多数の、個別のRFIDデバイスを含む場合には、実際には、不利となる場合がある。なぜなら、読み取り装置は、読み取り範囲内のすべてのデバイスを同時に励起するからである。言い換えれば、近くに配置されたデバイスは、同一の周波数チャンネルを共有することができない。従って、別々にアドレスするには、読み取り装置からの電磁界をぴったりと合わせるために、何度も作業を行うこと、すなわち、煩雑な作業を行うことが要求される。

【0006】対照的に、静磁気及び静電気を利用するRFIDシステムは、近距離電磁界の相互作用によって動作し、これによって、選択的な結合すなわち、「チャンネルの共有」を容易にする。つまり、タグを付けられたアイテムは、すぐ隣り (すなわち、互いに2、3 cmの範囲内) にない限り、それらを個別にアドレス可能である。選択性の点からすれば、静電気システムは、磁場に比べて電場を集中することが容易である点で実際上の利点がある。静電気システムは、また、製造上及びコスト上の利点を有する。なぜなら、静磁気システムに必要とされる誘導コイルは、不要であり、かつ、電極は多様な形状及び部材からなる基板上に都合良く、安価に配置することができるからである。例えば、静磁気システム内のタグは、100～1000巻で半径が1～5 cmのコイルを有し、一方、典型的な読み取り装置は、20 cmのコイルを有している。

【0007】他方、人体は、読み取り装置とRFIDデバイス間の結合からなる、静電気システム内においてシールドとして動作することもできる。人体の全体を信号の伝送手段として使用するPANのアプローチは、この制限を克服するだけでなく、読み取り範囲を相当程度拡大するものである。例えば、ユーザの靴に収容されたコンピュータは、ユーザの腕時計、個人情報機器 (personal digital assistant) 及び/または、ノートブックコンピュ

ータと容易に静電的に通信を行うことができる。PANコンセプトの一つの制限は、自律的に電源が供給されるデバイスを必要とすることである。さらに、バッテリーや電源などの部品は、PANデバイスの重量及びコストを著しく増加させるものであり、また、コンピュータの能力をユーザの生活様式及び習慣にシームレスに統合する目的に矛盾するものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明は、ユーザの体を介してデータだけでなく電力をも、容量的に伝達する。1実施態様では、ユーザによって運ばれる送信機は、受信機に電力とデータを送信するが、それも、また、ユーザの体を運ばれる。すなわち、電流の帰還路が周囲の地面 (グランド、アース) によって提供される。送信機がユーザの体に加える信号は、データ成分を含むだけでなく、受信機に電力を供給して、受信機がデータを検出してデコードすることができるようにするものである。

【0009】電力とデータを同時に伝送するための様々な手段を利用することができる。一つのアプローチでは、電力とデータは、異なる周波数で単純に送信される。他のアプローチでは、データは、キャリア (搬送波) を変調することによって伝送され、電力は、キャリアから得られる。実際には、あらゆる変調方式を本発明に適用することができる。例えば、データは、キャリアの周波数変調により符号化することができる。受信機は、キャリア変調を検出することによってデータを復元し、周波数が変化するキャリア自身から電力を得ることができる。代替としては、データは、キャリアの振幅変調または位相変調によって符号化することができる。さらに他のアプローチでは、データは、例えば、広帯域のキャリア内でスペクトラム拡散符号化 (spread-spectrum encoding) を提供する疑似ランダムコードを使用して変調される。この場合も、キャリアが電力を供給する。さらに他のアプローチでは、データは、実際には全く「伝送」されないが、そのかわりに、ローディング変動 (loading variation) の形態で受信機によって送信機に伝えられる。時間領域では、これらの変化の時間的なパターンは、一連のビットを符号化することができる。周波数領域では、異なる周波数で共振する多数の受信機は、単にそれらの存在または不在の情報を伝えることができ、あるいは、そのかわりに、共振周波数 (または複数の共振周波数) の変化による連続的な情報の範囲を伝えることができる。

【0010】さらに、送信機 (すなわち、読み取り装置) に対する共振器の結合は、送信機への近接度に関する情報を伝えることができる。結合の強さは、送信機と受信機との間の距離の二乗に反比例する。異なる共振周波数を有する受信機は、個別にアドレスすることができ、結合の強さは、距離の測定値を得るために別々に評価される。共振器の数が増加すると、(共振器が一列に

並んでいる場合は) 測定の解像度が向上し、(共振器が同一直線上になれば) 測定の範囲が増加する。

【0011】他の実施態様では、送信機または受信機はユーザの体から物理的に離れて配置され(しかし、受信機と送信機の両方とも周囲の地面(アース)に結合される)、送信機と受信機が容量性の結合が可能となるほど、ユーザの体を介して十分に近接すると、データと電力が伝送される。例えば、送信機は、(例えば、ローディング測定によって) 受信機との結合について知られるまで、データ成分の送信を停止することができる。さらに他の実施態様では、ユーザは、二つ以上の受信機を身に付けることができる。この受信機は、他の受信機に対してデータを送信することもできる。スペクトラム拡散FM、時分割多重あるいは周波数分割多重のような変調方式は、それぞれが、別々の変調パラメータを使用して、多重伝送の同時動作を容易にする。

【0012】本発明は、物理的な接触(例えば、握手)による個々人の間のデジタル情報の「人体間」交換から、ユーザとユーザのすぐ近くの環境との間の通信を可能にするデバイスへの「人体内」データ転送(例えば、靴内のページングデバイスと腕時計の表示デバイスの間)までに及ぶ様々な広範な用途に適用可能である。後者のカテゴリーの重要な例は、機密保護や他の目的のために着用可能な静電気デバイスを使用することに関連する。外部の読み取り装置(すなわち、送信機)は、ローディング変動によってタグから、あるいは、リターン信号を受信することにより、データを検出することができる。代替として、読み取り装置はユーザによって運ばれて、多数のタグを付けられたアイテムの中でアイテムを特定、すなわち識別する(例えば、倉庫内の箱のタグを付けられた中身を決定する)ことができる。

【0013】このアプローチは、従来のRFIDに対してコストと重量の両方で有利である。前述したように、遠距離電磁界デバイスまたは静磁気デバイスは、放射磁束を送信し、または、受信するためのアンテナを必要とする。これとは対照的に、本発明は、静電的に動作するので、(波長に比べて) 小さくて、任意の形状の電極を使用することができ、フラックス結合用のコイルは必要でない。

【0014】繰り返すが、人体を信号伝達用の媒体、すなわち、回路の一部として使用することによって、本発明は、自由空間(すなわち、何のサポートもない)の結合距離を大幅に超えて有効な動作範囲を拡張する。例えば、信号はフロアマットから、ユーザのポケット内で運ばれるか、あるいは、ユーザの頭部につけられたRFID用のタグまで容易に伝わることができ、その距離は、自由空間の結合範囲の何倍もの距離である。確かに、静電気デバイスに関連する小さな結合距離は、しばしば有益である。たくさんのRFID用のタグがつけられたアイテム(倉庫のような)がある環境において、エネルギーの一

斉送信を利用するシステムは、すぐ近くにある数多くのタグに結合することができるが、一方、静電気システムにおける結合は、他のタグがつけられたアイテムに偶然に結合するリスクをおかずに、特定の選択されたアイテムに制限することができる。

【0015】一般的に本発明によれば、送信機と受信機は、ユーザ及び部屋の地面を介して結合される。人体は、受信機及び送信機に容量的に結合する良好な導体として働く。しかし、送信機は、容量性の結合によって、ユーザの体へ及びユーザの体から変位電流(displacement current)として通過して、電力とデータの両方を運ぶ低周波数の(一般に、100KHzから10MHzまでの)AC信号を生成する。送信機と受信機はお互いに直接には結合しないので、共通の部屋の地面が電流の帰還路を提供する。

【0016】低い周波数では、人体は、RFエネルギーの放射が最小の容量性負荷としてふるまう。従って、本発明の動作は、盗聴及び干渉に対して大きな耐性を有しており、放射システムに対して指示された政府の規制の範囲内には入らない。本発明による送信機は、信号発生器と、時々「内部」(すなわち、ユーザの体により近い)電極及び「外部」電極と呼ばれる一対の電極を備えることができる。信号発生器は、電極間の電圧を変動させる変調信号を生成する。内部電極は、ユーザの体に容量的に近接して結合されるので、電極の電位によって発生する「準静電氣的な」場により変位電流がユーザの体を通過する。外部電極は、内部電極よりも部屋の地面への結合が強くなるような向きに置かれる。対照的に、周囲の環境に結合する用途では、接地用の電極は部屋の地面に直接に接続することができる。

【0017】受信機は、一対の電極、送信された信号の電力成分を使用可能な直流に変換する整流回路、送信された信号のデータ成分を取得する検出器(回路)/復調器(回路)を備えることができる。電極の一つは、ユーザの体を通過する変位電流を受信するために、ユーザの体に容量的に近接して結合される。受信電極に入った電流は、整流回路と検出回路を通過して、その後、もう一方の電極に向かう。このもう一方の電極は、回路の接続経路を完成するために非対照的に部屋の地面に容量的に結合される。この非対称的な結合により、電極間に電位差が発生する。

【0018】本発明に基づく受信機は、動作をサポートするために、送信された信号から電力を抜き出す能動回路を一般的に含んでいる。しかし、上述したように、いくつかの態様においては、受信回路は受動的であり、送信機によって検出される電気的特性を変調することによってデータを伝える。

【0019】以上の説明は、添付の図面を共に参照することによって、以下の本発明の詳細な説明からより容易に理解されるであろう。

## 【0020】

【発明の実施の形態】図1は、本発明に基づく人体内及び人体間の電力及びデータ伝送の一般化図であり、変位電流の人体への容量性の結合、および電流の帰還路として環境を使用することを示している。図1に示す模式的な配置は、体内及び体外の容量性の結合の両モードに対して有効である。図では、送信機Tは、容量 $C_{tb}$ として示されている容量性の結合を介してユーザPの体にAC信号 $V_t$ を加える。この信号は、ユーザの体を通して、今度もまた、 $C_{br}$ で示されている容量性の静電氣的結合を介して受信機Rに向かう。送信機T、人P、及び受信機Rはすべて、それぞれ容量 $C_{tg}$ 、 $C_{bg}$ 、及び $C_{rg}$ 、で示されているように、周囲のグラウンドに容量的に結合されている。（下記で言及するように、外部のまたは周囲の送信機を使用するシステムは、グラウンドに直接に接続することができる）。これらの容量は、空気と地面の結合でありえ、人Pの周辺物質（配管、金属キャビネット、補強用の紙などのような）は、 $C_{bg}$ と $C_{rg}$ に寄与することがある。一般的に、これらの容量は10～100pFのオーダーである。図示されていないが、様々な寄生容量が存在する。これらは、通常無視できる程小さいが、構成によっては、動作を妨害することがある。所定の実施に対してそれらを最小化することは、十分に当業者の技術範囲内であるが、寄生コンデンサを含む静電気モデルのより詳細な取り扱いについては、Zimmermanの「Personal area networks: nearfield intrabody communication,」IBM System Journal 35(3):609-617(1996)に記載されている。

【0021】人体間の結合の構成では、送信機Tは人Pから物理的に離れて配置される。例えば、進入制御機密保持システムでは、送信機Tは側柱に取り付けられた電極に接続するか、または（電極として働く）ドアノブ自身に接続することができる。ユーザPは、ユーザが近づくとつれて、送信機の電極に静電氣的に結合するようになり、 $C_{tb}$ の大きさは、ユーザ（あるいはユーザに付随しているもの）がごく近くに近づいたときのみ、結合するのに十分なレベルに到達する。従って、静電氣的な導管としての人体が存在しない場合には、送信機と受信機

$$V_i = V_0 e^{j\omega t} \quad \text{ここで} \quad \omega_i = 2\pi f_i \text{ 及び } V_0 \approx 50 - 1000V$$

【0025】例えば、50Vで、ほぼ1.5ミリワットの電力が受信機には利用可能である。

【0026】このアプローチの変形においては、（トランシーバーとして構成される）送信機は、狭帯域、または広帯域の信号を使って共振器を励起する。送信機は、次に、送信を中止して、励起信号によって共振器に伝えられた貯蔵エネルギーのリングダウン（ringdown）を検出する。こうして、このアプローチは、インピーダンスのような受信機固有の特性を検出するのではなく、（共振器の構成部品の値に基づく）周波数応答特性をもたら

す。間の結合は、互いに数cm以内に持つてこなければ無視できるほど小さい。人体は、実質上、結合範囲を数メートルまで拡張する。送信機Tは、（周囲の環境に結合されて、それによって、 $C_{tg}$ を除去するか、あるいは少なくとも大幅に減少させるのではなくて）地面に接続することができる。

【0022】人体内の結合の場合には、送信機及び受信機だけでなく、ユーザも周りの地面に環境的に結合する。一般的に、送信機Tには電源が付いており、受信機Rは、送信機によって（すなわち、コンデンサ $C_{tb}$ と $C_{br}$ を介して）人体に加えられた電流から電力を抜き取る。送信機Tには、従来の電圧源（例えば、バッテリー）から電力を供給することができるが、このアプローチによれば、他の点では、ユーザの衣服に目立たないように組み込むことに適した実施に対して、重量及びコストが増えてしまう。従って、ユーザの動きから機械的なエネルギーを抜き取って、それを電力に変換する手段によって、送信機Tに電力を供給することがより望ましい。上記したZimmermanに記載されているように、例えば、ユーザの靴の中にピエゾセラミックのパイル（piezoceramic pile）を置いて、ユーザが歩くことによって、ピエゾ材の曲げ延ばしを繰り返してコンデンサに充電する電力を発生させることができる。人体の電氣的なインピーダンスにもかかわらず、この方法によって生成され、ユーザの体を通して受信機に加えられる電力は、受信機の電気回路を駆動するのに十分であるということがわかっている。

【0023】人体に付けた受信機と、同様に身に付けることができる（しかし、より典型的には外部に配置される）送信機の間のデータを交換するためのひとつのアプローチでは、受信機は、送信機に与える負荷を時間とともに変化させる。従って、この時間領域の「ローディングモード（loading mode）」の動作では、受信機は、送信機が結合されるテブナンの等価負荷（Thevenin equivalent load）を変調することによって、送信機に効果的に情報のビットを送信する。一般的に、

【0024】

【数式1】

す受信機内のエネルギーの振動減衰を測定する。

【0027】図2には、自身のインピーダンスを変更することはできず、そのため、自身を識別する単一ビットのみを送信機に「送信」することができる最も単純な構成における、例示的な受信機を示している。送信機は、与えられたインピーダンスの変化によって、受信機の回路の共振周波数で時間変化する電圧、従って、結果として生じる送信機の出力電流における変化を与える。インピーダンスの小さな揺らぎ（あるいは、より詳しくは、共振構造内に蓄えられたエネルギーの存在及び減衰）

を、本発明によって容易にされる如くに、人体を介して確実に検出することができるということは、決して自明のことではない。

【0028】基本的な受信機は、それぞれ内部電極200<sub>1</sub>及び外部電極200<sub>0</sub>として示されている一対の電極200<sub>1</sub>、200<sub>0</sub>、インダクタンス202、容量204及び抵抗206から構成されるLRC回路である。インダクタンス202は、集中素子(lumped-element)、または単体のデバイスとすることができ、(磁氣的に結合されたシステムで必要とされるような)巻線コイルである必要はない。素子(インダクタンス)202は、実際問題としては削除することができるということがわかっていて、電極200<sub>1</sub>、200<sub>0</sub>は、(C<sub>rg</sub>を介して)部屋の地面に、及び(C<sub>br</sub>を介して)ユーザにそれぞれ容量的に及び非対称的に結合される。典型的には、受信機は、電極200<sub>1</sub>がユーザの体の一部のすぐ近くに、あるいは接触するように身に付けられ、一方、電極200<sub>0</sub>は外部の環境にむけて置かれる。

【0029】上述したような「単一ビット」受信機でさえも、多くの実用的な用途を有している。ローディングのピークは、特定の共振周波数で発生するので、その周波数(この周波数は、構成部品202、204に対して選択した値によって決定される)は、受信機を識別するために使用することができる。従って、セキュリティシステムは、ドアノブに予め決められた周波数で時間変化する電圧を印加する送信機を備えることができる。ユーザがその共振周波数が送信機の出力と整合する受信機を運んでくると、送信機は、ユーザがドアノブに近づくかまたはさわると、ユーザの体を介してローディングのピークを検出する。もしそうでなければ、基準のローディングレベルは不整合を示す。実際には、受信機は、とても小さくかつ軽く作ることができるので、ユーザは、それぞれが異なる共振周波数を有し、個別のビットを表すいくつかの受信機を身に付けることができる。送信機Tは、段階的な、あるいは連続的な一連の周波数でAC(交流)信号を加えることができる掃引回路を装備することができる、ローディングのピークを、従って、人Pにある特定の受信機が存在(すなわち、周波数領域におけるビット)を静電的に検出する。言い換えれば、それぞれがビットに対応する一連の共振周波数を定義することができ、そのようなそれぞれの周波数での受信機の有無は、対応するビットの二値状態を表す。受信機の共振器のクオリティファクター(Qファクター、以下ではQとも記載)が高くなればなるほど、受信機を検出するのは容易になり、周波数的により近づけることができる。

【0030】しかしながら、もっと一般的には、受信機は、送信機が検出可能な方法で、時間に関してその電気的な特性を変化させることができた方が都合がよい。受信した電気エネルギーに対する応答を選択的に変化させることによって、受信機は、効果的に情報を運ぶ、すな

わち「伝える」ことができる。このアプローチの一つの応用は、連続的に特性を検出することを容易にする。参考のためにそのすべての開示内容が本明細書に組み込まれている、米国特許出願第60/033,236(1996年12月に提出)に開示されているように、共振器のコンデンサは、その電気的特性が、温度、湿度、光あるいは、加えられる力の大きさのような外部の状況の変化にตอบสนองして変化する誘電性物質を含むことができる。コンデンサは、誘電体として、例えば、圧電性及びピロ電気(pyroelectric)特性の両方の特性を示すポリビニリデンジフロライド(polyvinylidene difluoride (PVDF))のシートを含むことができる。従って、このような共振器を備える受信機の共振周波数は、外部の状況に、連続的に、量的にตอบสนองして変化する、そのため、(例えば、送信機内の掃引発生器を使用して)共振周波数の値を検出することによって、受信機に静電的に結合した送信機は、その状況を検出することができる。

【0031】代替としては、受信機の応答の変調を、時間領域における一連のビットを伝送するために使用することができる。これを実現するために、追加の部品またはデバイス208が、スイッチ210によって交互に、回路に接続されたり、回路から切断されたりされる。デバイス208を接続すると、受信機のインピーダンスが変わり、それは、ローディングの変化として送信機によって検出される。情報を表すパターンに応じたローディングの繰り返される変化は、実質的には、振幅変調である。もし、望むならば(例えば、より良好なノイズ耐性について)、AMキャリアは、それ自身が、他の変調された信号を符号化するサブキャリアを含むことができる。例えば、AMキャリアを、(その変化がデータのFM符号化を表す)パルス幅が変化する方形波に復調することができる。

【0032】デバイス208が寄生抵抗または、一対のクランプダイオードであれば、デバイス208を接続することにより、受信機の回路のQが変わる。デバイス208が、コンデンサあるいはインダクタであれば、共振周波数が変わる。受信機のQを変化させることを、ここでは「Qスイッチング」と呼び、共振周波数を変えることを「周波数シフトキーイング」(FSK)と呼ぶ。Qスイッチングまたは、FSKはもちろん、能動回路を必要とする。1実施態様では、その回路は、マイクロコントローラのチップまたは回路212から構成され、この回路は、スイッチ210に接続されて、二進データのストリームに対応する時間的なパターンで、このスイッチを開いたり閉じたりするように構成される。マイクロコントローラ212は、電源回路から電力を得、電源回路は、LRC回路に接続されて、電極200<sub>1</sub>、200<sub>0</sub>に静電的に伝送される信号から電力を得る。電源回路214は、スイッチ210の動作(すなわち、ビットの「送信」)によって生じるLRC回路の電気エネルギーの変

動にもかかわらず、DC（直流）出力を比較的一定に保つ、整流回路と充電コンデンサ（charging capacitor）から構成されている。マイクロコントローラ 212 に印加される電力は、比較的一定なので、それは、単純に、回路全体の基準のローディングレベルの一部となる。

【0033】例示的な態様では、受信機は、個別の 9.5mH のインダクタ、RFID チップ（例えば、EM Microelctronic-Marin SA によって提供される V4050 チップ、但し、RFID チップの選択は重要ではない）、及び 2 つの電極から構成される。V4050 チップは、Q スwitchングによって格納されたデータを送信するよう動作可能な 2 ピンのデバイスである。それは、組み込まれた 170 pF のコンデンサ（すなわち、容量 204）を含んでいるので、受信機は 125 kHz で共振し、さらに整流回路にも適している。このチップは、また、送信機によって（すなわち、ユーザの体を介してチップに容量的に結合することによって）プログラム可能な 1 kbit の電気的に消去可能な読み出し専用メモリを備えており、自身のメモリ内に格納されている二進パターンに従って Q スwitchングを実行する。前述したように、インダクタは、読み取り範囲またはデータ送信エラーの割合について壊滅的な影響を与えることなく除去することができる。現在の文脈では、「読み取り範囲」は、ユーザの体（あるいはその付帯物）と送信機の電極との間の最大の距離を意味しており、通常は、センチメートルのオーダーである。

【0034】受信機からのデータが送信機によって読み取られる方法は、以下のように理解できる。受信機の共振周波数で送信機によって感じられる負荷は、主に容量性である。従って、送信機からみたテブナンの等価インピーダンス  $Z_{th}$  の位相は、ほぼ  $-\pi/2$  であり、 $Z_{th}$  は  $Z_{th} = 1/j\omega C_{th}$  で表すことができる。ここで、 $C_{th}$  は実数であり、テブナンの等価容量を表す。この仮定のもとでは、 $C_{th}$  の値のみが、Q スwitchングまたは FSK の結果として変化する（すなわち、 $Z_{th}$  の位相は、 $-\pi/2$  のままである）。結局、受信機によって「送信された」ビットを検出することは、デジタル的に変調された容量  $C_{th}$  を測定することに等しい。これは、図 3 に示す一般化した送信機の回路を使用して実現することができる。この回路は、AC 電圧源 300 とインダクタ 302 から構成されており、 $C_{th}$  が直列 LC タンク回路の一部となるように接続されている。すなわち、インダクタ 302 は、（ $C_{th}$  への接続によって示される）電極を介してユーザに容量的に結合され、ユーザは  $C_{th}$  を発生する受信機を身に付ける。 $V_c$  はもちろん、 $C_{th}$  間の電圧に一致する。電圧源 300 は、タンク回路の共振周波数で駆動される。すなわち、ゼロビットに相当する状態の Q スwitchングまたは FSK 回路について、 $C_{th}$  に対する基準値  $C_0$  が計算され、電圧源 300 は、

【0035】

【数式 2】

$$\omega_c = 1/\sqrt{LC_0}$$

【0036】で駆動される。ここで、 $L$  はインダクタ 302 の値である。受信機の回路がある一つのビットに状態を変える（すなわち、 $C_{th}$  が  $C_0$  から別の値  $C_1$  に変化する）ように操作されると、送信機は、 $V_c$  の振幅または位相の変化を検出することによってこれを検出する。代替的には、送信機は、

【0037】

【数式 3】

$$\omega_c = 1/\sqrt{LC_0}$$

【0038】から

【0039】

【数式 4】

$$\omega_c = 1/\sqrt{LC_1}$$

【0040】への共振周波数の変化を検出するように設計することができる。基本的な送信機の回路は、図 3 に示す一般的なアプローチに基づいて種々の形態をとることができる。例えば、送信機は、送信電圧及びデータ感度を高めるために、適切な同調フィードバック回路（tuning feedback circuitry）とともにデスラコイルを含むことができる。

【0041】実質的には、Q スwitchングあるいは FSK は  $V_c$  を振幅変調するが、 $V_c$  は、同期検波、このましくは、直角検波（直角復調、quadrature detection）を用いて検出することができる。一つの適した回路を図 4 に示す。この回路は、125 kHz で動作することができる直角正弦波発振器（quadrature sine wave oscillator）400 を備えており、この発振器は、インダクタ 402 及び  $C_{th}$  からなる直列 LC タンク回路を駆動する（インダクタは、ユーザの体を介して  $C_{th}$  に静電的に結合される）。タンク回路の出力はバンドパスフィルタ 404 に加えられ、ノイズや混信を除去し、バンドパスフィルタの出力は、一対の電圧倍率器（voltage multiplier）406<sub>1</sub>、406<sub>2</sub> に加えられる。発振器 400 の直交出力及び同相出力は、電圧倍率器 406<sub>1</sub>、406<sub>2</sub> の他方の入力端子にそれぞれ加えられる。電圧倍率器の出力は、次に、電圧加算器 410 に加えられ、その出力（これは、変調されたデータを表している）は、第 2 のバンドパスフィルタ 412 に加えられる。マイクロコンピュータ 415（例えば、Microchip Technology Inc., Chandler, AZ によって提供される PIC16LF84 マイクロコントローラ）は、このデータを受け取って、このデータを解釈するプログラム可能なマイクロコンピュータ 417 に送る。マイクロコントローラ 415 は、例えば、EEPROM をプログラムして送信信号の 100% AM 変調により受信機へのデータの送信を容易にするために、発振器 4



00の動作を禁止することができる。

【0042】直角検波回路の実施に関してより詳しくは、Nivi, Passive Wearable Electrostatic Tags (MIT Thesis, 1997/9)に記載されており、その開示内容は、ここでは重要ではないが、参考として組み込んでいる。データを符号化する他のアプローチ（例えば、位相シフトキーイング、スペクトラム拡散、FM）も利用可能である。

【0043】代替アプローチでは、ユーザの体を双方向の通信チャンネルとして利用し、身に付けたデバイスは（検出可能な電気的特性を単に変調するのではなく）実際に情報を送信する。もっとも簡単には、身に付けたデバイスは、ユーザの体に加えられた信号から電力を得る。すなわち、送信機の回路を駆動する電力は、受信機によって検出されるようにユーザの体にデータを含む信号を加える。通常は、電力信号を加える外部デバイスは、データ信号も読み取る。従って、機能及び回路は異なるけれども、身に付けたデバイス及び外部のデバイスは、一般的に両方ともトランシーバーとして動作する。ここで、「トランシーバー」という用語は、本明細書で使用されているように、電力及び／またはデータを受信することができ、さらに、電力及び／またはデータを送信することができる広義の意味でのデバイスを意図するものである。

【0044】このアプローチでは、電力及びデータ信号の成分を分離可能に維持することが重要である。一方、信号は、直接送信され、ローディング変化を介さないの、より伝統的な信号の符号化技法を利用することができる。

【0045】図5は、体内のデータ伝送用に、または、外部に配置されたトランシーバーと相互作用するために構成されたトランシーバー回路の一例を示す。しかし、この場合は、データは、信号変調を介して直接送信される。以下に説明するように、回路は双方向のデータ交換用に拡張することができ、他の形式のデータ符号化に適應させることができる。図示した回路は、一対の内部電極500<sub>1</sub>、500<sub>1'</sub>及び一対の外部電極500<sub>0</sub>、500<sub>0'</sub>を備えている。ここでも、内部電極は、一般的には、ユーザの体のすぐ近くか、あるいはユーザの体に接触するように身に付けられており、他方、外部電極は周囲の環境に向けて置かれている。電極500<sub>1</sub>、500<sub>0</sub>は、インダクタ502及びコンデンサ504からなる並列LCタンク回路に接続されている。並列タンク回路は、同調受信機として動作し、印加された電力信号の周波数がタンク回路の共振周波数に一致したとき、最大電流が流れる。高い共振インピーダンスは、電力信号のインピーダンスにほぼ等しく、電力信号のインピーダンスも、また、体を介して結合していることに関連する小さな容量のために高い。実際の動作では、電力は、共振周波数のまわりのかなり広い周波数帯域にわたって送信さ

れ、帯域の大きさは、主として受信機のQによって決定される。もちろん、受信機の内部インピーダンスと電力源のインピーダンスが一致したときに、最大電力が出力される。

【0046】受信された電力信号は、全波整流回路510に加えられる。（ここでも、最適な電力伝送のために、タンク回路のインピーダンスは、インピーダンス整合コイルを介して整流回路をタンク回路に結合することによって、整流回路のインピーダンスと一致させることができる。ここで、インピーダンス整合コイルは、コンデンサ504の両端への接続によるよりはむしろ、インダクタ502に磁気的に結合される）。マイクロコントローラまたはマイクロコンピュータ512は、整流回路510から電力を受け取り、出力信号をインダクタ514及びコンデンサ516からなる直列LCタンク回路に送る。電極500<sub>1'</sub>と500<sub>0'</sub>はコンデンサ516の両端に接続される。動作時、デバイス（マイクロコントローラまたはマイクロコンピュータ）512（例えば、前述したように、PIC 16LF84チップとすることができる）は、データメッセージに対応する二進信号のパルス列からなる出力信号を発生する。この信号は直列LCタンク回路を駆動し、タンク回路は電極500<sub>1'</sub>と500<sub>0'</sub>を介して人体に、結果として生成されたAC信号を加える。データビットに対応するハイローの信号遷移は、直列タンク回路によって生成される信号の周波数を変調し、受信機が復調することができる「デジタルFM」（FSK）信号を生成する。一般的には、システムノイズを最小限にして、復調を簡単にするために、電力信号は出力周波数帯域とはその周波数が異なる。

【0047】従って、最も基本的な実現では、図5に示す回路は、電力を受信し、人体に加えるデータ信号を生成するだけである。破線で示したように、並列タンク回路の出力をデバイス512のデータ入力端子に接続することによって（すなわち、信号は、電極500<sub>1</sub>と500<sub>0</sub>によって電力用に受信されるが、それはまた、受信データとしても処理される）、回路は、全二重または半二重通信のトランシーバーとして動作することができる。この構成では、デバイス512は、入力信号内の変調を検波して解釈するようにプログラムされており、整流回路510の一定のDC出力には影響しない（そのため、実際には、電力は信号変調内のキャリア及びデータを介して伝送される）。実際には、データ信号がリップル電圧として通過することができるように整流回路510を構成して、これらの電圧を検出するようにデバイス512を構成することによって、デバイス512への余分な接続を省くことさえも可能である。

【0048】デバイス512は、受信データ信号に基づいて出力信号を生成することができる。体に付けられた多くのこのような回路が相互に通信する場合は、すべてのデバイスに絶えず電力を供給することを保証するため

に全二重通信が望ましい（受信信号における中断が確実に十分に短い場合は、整流回路 5 1 0 内の充電コンデンサを使用して、半二重通信が可能であるが）。例えば、入力信号が、継続時間のしきい値（threshold duration）より長い間、変調されないままである場合は、この状態を送信データが無いことを示すものとして解釈するようにデバイス 5 1 2 をプログラムすることができる。

【0049】図 6 は、データ及び電力の両方を送信することができる別のトランシーバーを示しており、それゆえ、それが相互作用する体に付けたデバイスに、電力を供給する「読み取り装置」として使用されるよう適合されている。この回路では、電極 5 0 0 i' と 5 0 0 o' は、ここでも直列 LC 回路として構成されるコンデンサ 5 3 0 及びインダクタ 5 3 2 に接続されるが、インダクタは、演算増幅器 5 3 4 の反転入力端子に接続される。ここで、この演算増幅器 5 3 4 は、その反転入力端子と出力端子の間に接続された、並列の一對の互いに逆を向いたダイオード、コンデンサ及び抵抗器によってバッファとして構成されている。一つ以上の利得段 5 4 0 がバッファ 5 3 6 の出力を増幅し、その増幅された信号は、FM 検波回路 5 4 2 に送られる。この回路は、位相比較器 5 4 4、ローパスフィルタ 5 4 6、及び、電圧制御発振器（VCO）5 4 8 からなる位相ロックループ（PLL）である。最後に、VCO の制御電圧が、あるヒステリシスをもつ演算増幅器 5 5 0 の非反転入力端子に加えられ、増幅器 5 5 0 の反転入力端子に加えられる基準電圧  $V_{ref}$  と比較される。

【0050】図 6 に示されている回路は、送信だけでなく受信も可能である。コンデンサ 5 3 0 及びインダクタ 5 3 2 からなる直列タンク回路は、好ましくはおよそ 8 の Q をもつ。信号を受信するときは、直列タンク回路は、入力周波数帯域に対する感度を増加させる同調受信機として働く。FM 検波回路 5 4 2 に入力されるバッファされ、増幅された信号によって、フィルタ 5 4 6 は、入力周波数に対して直線的に変化する PLL 制御電圧を生成する。この電圧を増幅器 5 5 0 で  $V_{ref}$  と比較することによって、デバイス 5 1 2 のデータ入力端子に加えられる二進出力を確保する。

【0051】データを送信するために、デバイス 5 1 2 の二進パルス出力は、増幅器 5 3 4 の非反転入力端子に加えられる。これによって、反転入力端子の電圧が追従し、従って、コンデンサ 5 3 0 及びインダクタ 5 3 2 からなる直列 LC 回路に振幅が変化する信号が加えられる。この信号は、電極 5 0 0 i' に接触している個人の体に伝送される。信号の周波数は一定のままであるが、その振幅は変調することができる。例えば、デバイス 5 1 2 の二進パルス出力は、振幅変調によって直接送信することができる。代替的には、データは FSK を使用して符号化することができる。望ましい実施態様においては、周波数は、200 kHz から 250 kHz までシフトさ

れ、そのため、チャンネルの帯域は 50 kHz となる。他のデータ符号化の形式がもちろん可能である。例えば、デバイス 5 1 2 は、受信部品に電力もまた供給する広帯域のキャリア内でスペクトラム拡散符号化を提供するために、疑似ランダムコードを使用して信号を変調することができる。代替的には、キャリア信号の周波数ではなくて位相を変調することができる。

【0052】回路は、また、ローディングモードの読み取り装置として機能することができる。この場合には、電圧源によって、正弦波信号が増幅器 5 3 4 の非反転入力端子に加えられる。反転入力端子の信号の電圧振幅は、その信号の周波数がトランシーバーが容量的に結合したデバイスの共振周波数に近づくにつれて変化する。すなわち、振幅の変化は、ローディングの程度を反映している。

【0053】図示していないが、バッテリーや他の電圧源のような電源が、図示しているそれぞれの構成部に電力を供給する。代替的には、身に付けるデバイスとして図示した回路について低電力のものを使用することもまた可能であり、このデバイスは、同調 LC 回路を介して受信された印加信号から電力を得るが、この信号は、適切な回路によって整流される。

【0054】従って、これまでの説明は、人体間及び人体内の情報交換に対する便利で柔軟なアプローチを示しているということが理解される。本明細書で使用された用語及び表現は、説明のための用語として使用したものであり、制限するために使用したものではない。従って、そのような用語及び表現を使用したことにおいて、図示し、説明した特徴と同等なもの、あるいはその一部のどれをも排除することを意図したものではない。しかし、本発明の特許請求の範囲の範囲内で様々な修正が可能であることが理解される。

#### 【0055】

【発明の効果】本発明によれば、人体を介する通信装置において、送信機が、容量性の結合を使用して、データだけでなく電力も受信機に送信することができるので、装置のコスト及び重量を低減することが可能となる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明に基づく通信システムを表す図である。

【図 2】「ローディングモード」の受信機を表す図である。

【図 3】ローディングモード送信機の等価回路を表す図である。

【図 4】さらに詳細にローディングモードの送信機を表した図である。

【図 5】基本的な「送信モード」のリレー回路、および双方向通信用にリレーを適合させるための付加回路を示す図である。

【図 6】基本的な「送信モード」のリレー回路、および双方向通信用にリレーを適合させるための付加回路を示

す図である。

【符号の説明】

200<sub>i</sub> 内部電極

200<sub>o</sub> 外部電極

202 インダクタンス

204 コンデンサ

206 抵抗

210 スイッチ

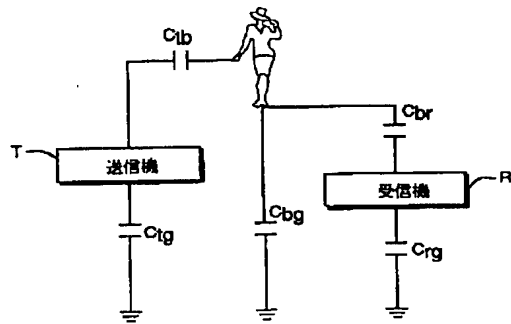
212 マイクロコントローラ

214 電源回路

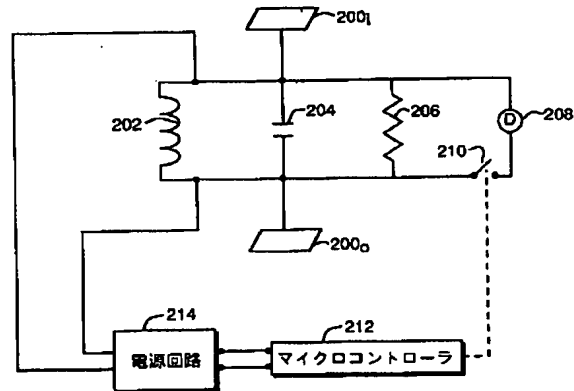
400 直角正弦波発振器

510 全波整流器

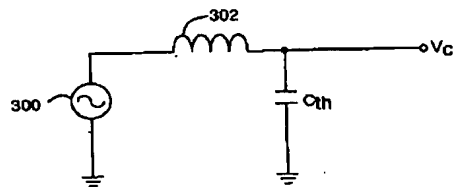
【図 1】



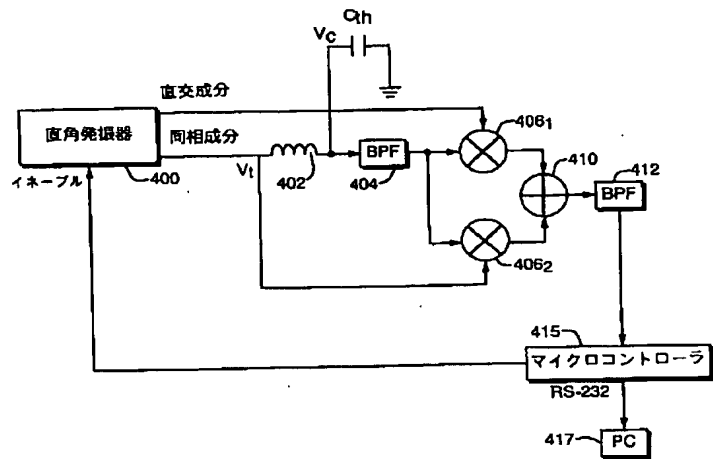
【図 2】



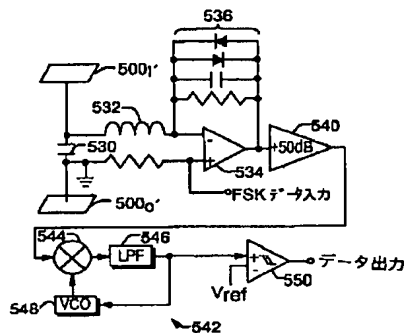
【図 3】



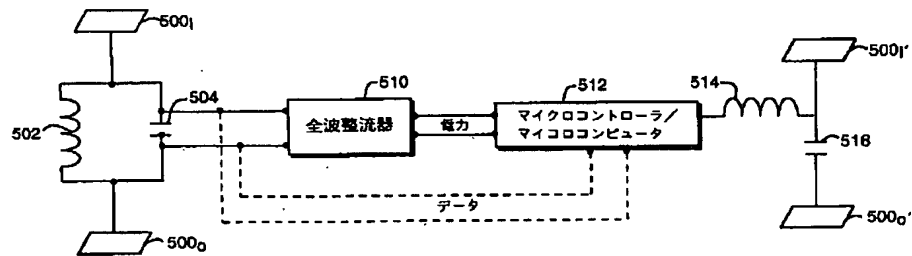
【図 4】



【図 6】



【図 5】



フロントページの続き

(72) 発明者 ババク・ニヴィ  
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州02116,  
 ボストン, コモンウェルス・アヴェニュー  
 ー・253

(72) 発明者 ニール・ガーシェンフェルド  
 アメリカ合衆国マサチューセッツ州02205,  
 サマーヴィル, チャペル・ストリート・20

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-225119  
(43)Date of publication of application : 17.08.1999

---

(51)Int. Cl. H04B 13/00

---

(21)Application number : 10-314181 (71)Applicant : MASSACHUSETTS INST  
OF TECHNOL <MIT>  
(22)Date of filing : 05.11.1998 (72)Inventor : E REMI POST  
BABAK NIVI  
NEAL GERSHENFELD

---

(30)Priority

Priority	97 965465	Priority	06.11.1997	Priority	US
number :		date :		country :	

---

(54) METHOD AND DEVICE FOR TRANSMITTING POWER AND INFORMATION  
THROUGH HUMAN BODY

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To allow a receiver to detect and decode data by allowing a transmitter to transmit not only data but also power to the receiver through the use of capacitive coupling.

SOLUTION: In a circuit consisting of an AC voltage source and an inductor 302, Ch is connected to make a part of a serial LC tank circuit. Namely, the inductor 302 is capacitively coupled to a user through an electrode (shown by connection to Ch) and the user puts the receiver generating Cthj on his/her body. A voltage source 300 calculates a reference value with respect to Ch concerning a Q switching or FSK circuit in a state driven by the resonance frequency of a tank circuit and equivalent to zero bit, and the source 300 drives based on a prescribed formula. When the circuit of a receiver is operated so as to change the state to some single bit, the transmitter detects the change of the amplitude or phase of Vc to detect this.

---

LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's  
decision of rejection]

[Kind of final disposal of  
application other than the  
examiner's decision of rejection  
or application converted  
registration]

[Date of final disposal for  
application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against  
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The transmitting means which is an approach for making radio through a user's body easy, and was combined with the a. aforementioned user and the gland in capacity is offered, b. This transmitting means is operated so that the signal with which said transmitting means consists of a power component and a data component through a user's body and which carries out time amount change may be passed, c. How to consist of offering the receiving means combined with said user and gland in capacity, and operating this receiving means so that the d. aforementioned receiving means may detect said power component, and may restore power from this power component and said data component may be detected using said power.

[Claim 2] It is the approach of claim 1 which it consists of an AC carrier signal with which said signal was modulated, and said power component exists in this carrier, and consists of said data component existing in this signal modulation.

[Claim 3] The approach of claim 1 which consists of said power component being transmitted on the 1st frequency, and being transmitted on the 2nd frequency in which said data component differs from said 1st frequency.

[Claim 4] The approach of claim 3 that said 1st frequency consists of differing from said 2nd frequency.

[Claim 5] Said receiving means is the 1st transceiver also including a sending circuit, and it is the 2nd transceiver by which said transmitting means also includes a receiving circuit. a. So that said 1st transceiver may use said power received from said 2nd transceiver and data may be transmitted to said 2nd transceiver The approach of claim 1 which consists of a step which operates this 1st transceiver, and a step to which the 2nd transceiver of b. above operates this 2nd transceiver so that said data may be detected from said 1st transceiver further.

[Claim 6] The approach of claim 1 that said signal consists of a carrier signal of the broadband which encodes said data component, and said power component consists of existing in the carrier of this broadband.

[Claim 7] The approach of claim 1 which consists of including passing said data component only when exceeding the threshold it was decided beforehand that it would be for said transmitting means to separate from said user physically, to be arranged, for the step which operates said transmitting means make said transmitting means detect the amount of loading relevant to said power component, and for the amount of said loading show capacitive association to said user.

[Claim 8] The approach of claim 1 which consists of both said transmitting means and the receiving means having combined with said user physically.

[Claim 9] The step which offers the 2nd receiving means which is the transceiver by which said receiving means consists of a sending circuit and a receiving circuit, and was combined with the a. aforementioned user and the gland in capacity, b. The signal with which said transceiver consists of a data component which encodes information based on said data received from said transmitting means and which carries out time amount change so that it may be made to pass through said user's body The step which operates this transceiver, and the receiving means of the c. above 2nd detect said power component from said transmitting means. power is restored from this power component and said data component of the signal of said transceiver is detected using said power -- as -- this -- the approach of claim 1 which consists of a step which operates the 2nd receiving means further.

[Claim 10] The approach of claim 9 that said 2nd receiving means consists of having combined with said user physically.

[Claim 11] The approach of claim 9 which consists of said 2nd receiving means separating from said user physically, and being arranged.

[Claim 12] The approach of claim 1 that said data component consists of said signal encoding by amplitude modulation.

[Claim 13] The approach of claim 1 that said data component consists of said signal encoding by frequency modulation.

[Claim 14] The approach of claim 1 that said data component consists of said signal encoding by spectrum diffusion coding.

[Claim 15] The approach of claim 1 that said data component consists of a phase modulation encoding.

[Claim 16] The transmitting means which is an approach for making radio through a user's body easy, and consists of a means for detecting change of electrical characteristics combined with the a. aforementioned user and the gland in capacity is offered, b. A receiving means combined with said user and gland in capacity to have detectable electrical characteristics is offered, c. The signal which is amount with said sufficient transmitting means to supply power to said receiving means and which carries out time amount change so that it may be made to pass through said user's body How to consist of operating this transmitting means and operating this transmitting means so that said electrical characteristics may be detected, in order that the d. aforementioned transmitting means may restore information.

[Claim 17] The approach of claim 16 that said receiving means consists of a step which operates this receiving means so that said electrical characteristics may be changed by the approach of showing information, and a step which operates this transmitting means so that said transmitting means to detect said change may restore said information further.

[Claim 18] The approach of claim 16 which consists of the electrical characteristics in which said detection is possible being impedances.

[Claim 19] The approach of claim 17 which consists of the electrical characteristics in which said detection is possible being impedances, said fluctuation generating change of corresponding loading in said transmitting means, and said transmitting means detecting change of said impedance by change of said loading.

[Claim 20] The approach of claim 16 which consists of being the periodic damping of the energy in which the electrical characteristics in which said detection is possible were stored.

[Claim 21] It is the approach of claim 19 which consists of changing said impedance when said receiving means shifts said resonance frequency by said receiving means consisting of an LC circuit which has resonance frequency.

[Claim 22] The approach of claim 19 that said receiving means consists of an LC circuit which has Q factor, and said receiving means consists of changing said impedance by changing said Q factor.

[Claim 23] The approach of claim 16 which consists of the property in which said detection is possible being resonance frequency.



[Claim 24] It is the approach of claim 23 which said receiving means consists of an LC circuit which has resonance frequency, said resonance frequency answers an external situation, changes, and consists of detecting the situation of said exterior when said transmitting means finds said resonance frequency.

[Claim 25] The approach of claim 24 that the conditions of said exterior consist of (4) 4 [ (1) temperature, (2) humidity, (3) light, and ] In addition being at least one of \*\*\*\*\*.

[Claim 26] the strength of association of the property in which said detection is possible -- the approach of claim 16 which consists of the strength of this association showing the distance between said transmitting means and said receiving means.

[Claim 27] The transmitting means which is equipment for the radio through a user's body, and consists of an electrode of the pair for combining with the a. aforementioned user and a gland in capacity, b. The signal with which said transmitting means consists of a power component and a data component and which carries out time amount change so that it may be made to pass through said user's body with said electrode The control means for operating this transmitting means, and the receiving means which consists of an electrode of the pair for combining with the c. aforementioned user and a gland in capacity, d. Equipment with which said receiving means consists of a control means for operating this receiving means so that said power component is detected, power may be restored from this power component and said data component may be detected using said power.

[Claim 28] the equipment for the radio through a user's body -- it is -- an a. transmitting means -- (1) -- with the electrode of the pair for combining with said user and gland in capacity (2) The means for passing the signal which carries out time amount change through said user's body with said electrode, (3) -- from the means which consists of a means for detecting change of selected electrical characteristics -- becoming -- a b. receiving means -- (1), in order to receive said signal which carries out time amount change the electrode of the pair for combining with said user and gland in capacity, and (2) -- with the means for incorporating power from said signal which carries out time amount change Said receiving means consists of a means for operating this receiving means so that said electrical characteristics may be changed. (3) -- the means for changing the electrical characteristics of said receiver, and (4) -- here c. Said signal which carries out time amount change is sufficient amount to operate said receiving means. The d. aforementioned electrical characteristics are equipment which consists of being changed by the approach of showing information.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to transmitting an electrical signal through a user's body especially by the electrostatic coupling in relation to telecommunication.

[0002]

[Description of the Prior Art] Research efforts considerable for the purpose of unifying the capacity of a computer truly to the life of individual every day have been made from various standpoints. Now, by the miniaturization of components, the item which can wear (a wrist watch, a jewel, accessory for clothes, etc.) can provide a computer with the throughput which does various activities, maintaining nonchalant usefulness as it is. Calmly, the electrode which became able [ clothes itself ] to tell an electrical signal, and has been distributed and arranged around an individual environment on the other hand by the latest advance in a cloth design can carry out the monitor of a location, the sense, and the motion so that it may not be conspicuous. A throughput can be distributed and arranged on the components attached to various bodies, and a user can interact by the end of today using a surrounding environment and a surrounding computer, without trying hard consciously.

[0003] The important principle over designing the device which can be worn is making it adapted for a user's current habit and liking, and is not exerting coercion so that a user's may be fitted to a new instrument. The concept of "the personal area network (in PANs and the following, it is indicated also as PAN)" which uses a user's body as a channel of telecommunication expresses the serious step in this direction. Are worn as indicated by 907,062 the 08th/of United States patent application. By or the electrostatic coupling between the electron devices carried (namely, capacitive association) or [ these items sharing data and a control signal among them through a user's body, or approaching immediately near ] -- or by touching, data are transmitted to an external (it is (like other men and the receiver attached in the wall)) addressee, and it becomes possible to communicate mutually.

[0004] An electrostatic coupling means balking from the gestalt of the traditional telecommunication accompanied by radiant energy. For example, in order that a radio frequency recognition (radio-frequency identification) device (RFID) may carry out remote detection of the

interested parameter of human being or a body, it has been used for a long time. A RFID device receives a radio signal from "the reader (reader)" placed outside, and a reader determines the parameter which is interested based on the response of the RFID device to the transmitted signal. Easy application of this technique is security. That is, the individual has attached the "tag" or BADGE for RFID to the body, and only when they approach and the tag tagged the body is recognized, a penetration control system cancels the lock of a door. [0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] The system accompanied by radiation can be constituted to the comparatively big (namely, far field (far field)) reading range. However, this capacity may become disadvantageous in fact, when an environment contains many RFID devices according to individual. A reader is because all the devices of reading within the limits are excited to coincidence. In other words, the device arranged in near cannot share the same frequency channel. Therefore, in order to carry out the address separately and to double the electromagnetic field from a reader exactly, to work repeatedly, i.e., to do a complicated activity, is demanded.

[0006] By contrast, the RFID system using static magnetism and static electricity operates by the interaction of short-distance electromagnetic field, and makes it easy by this, alternative association, i.e., "sharing of a channel." That is, as long as there is nothing next (namely, mutually within the limits of 2 or 3cm) immediately, the address is possible for the item which was able to attach the tag according to an individual in them. If it carries out from the point of selectivity, the static electricity system actually has the upper advantage at a point with easy concentrating electric field compared with a magnetic field. The static electricity system has an advantage on manufacture and cost again. It is convenient on the substrate which consists of a configuration and a member with an electrode various unnecessarily [ the induction coil needed for a static magnetism system ], and is because it can arrange cheaply. For example, the tag in a static magnetism system has the coil whose radius is 1-5cm in 100-1000 volumes, and, on the other hand, as for the typical reader, it has the 20cm coil.

[0007] On the other hand, the body can also operate as shielding in the static electricity system which consists of association between a reader and a RFID device. The approach of PAN which uses the whole body as a transmission means of a signal not only conquers this limit, but carries out considerable extent expansion of the reading range. For example, the computer held in a user's shoes can communicate in static electricity as easily as a user's wrist watch, an individual humanity news device (personal digital assistant), and/or a notebook

computer. One limit of a PAN concept is needing the device with which a power source's is supplied autonomously. Furthermore, components, such as a dc-battery and a power source, make the weight and cost of a PAN device increase remarkably, and are contradictory for the purpose which unifies the capacity of a computer seamlessly to a user's lifestyle and habit.

[0008]

[Means for Solving the Problem] This invention transmits not only data but power in capacity through a user's body. Although the transmitter carried by the user transmits power and data to a receiver, it also has a user's body carried in the one embodiment. That is, the feedback loop of a current is offered by the surrounding ground (a gland, ground). The signal which a transmitter adds to a user's body supplies power to a receiver, and a receiver detects data and enables it not only to contain a data component, but to decode it.

[0009] Various means for transmitting power and data to coincidence can be used. In one approach, power and data are simply transmitted on a different frequency. In other approaches, data are transmitted by modulating a carrier (subcarrier) and power is obtained from a carrier. In fact, all modulation techniques are applicable to this invention. For example, data can be encoded by the frequency modulation of a carrier. By detecting a carrier modulation, a receiver can restore data and can obtain power from the carrier itself from which a frequency changes. As an alternative, data can be encoded by the amplitude modulation or the phase modulation of a carrier. In the approach of further others, data are modulated within the carrier of a broadband using the pseudo-random code which offers spectrum diffusion coding (spread-spectrum encoding). Also in this case, a carrier supplies power. In the approach of further others, although data "are not transmitted" at all in fact instead, they are transmitted to a transmitter by the receiver with the gestalt of loading fluctuation (loading variation). In a time domain, the time pattern of these change can encode a series of bits. In a frequency domain, the receiver of a large number which resonate on a different frequency can only tell those existence or absent information, or can instead tell the range of the continuous information by change of resonance frequency (or two or more resonance frequency).

[0010] Furthermore, association of the resonator to a transmitter (namely, reader) can tell the information about the proximity to a transmitter. The strength of association is in inverse proportion to the square of the distance between a transmitter and a receiver. The address of the receiver which has different resonance frequency can be carried out according to an individual, and the strength of

association is separately evaluated, in order to obtain the measured value of distance. If the number of resonators increases, the resolution of measurement improves (when the resonator is located in a line with the single tier), and the range of measurement will increase (if there is no resonator on the same straight line).

[0011] In other embodiments, if it fully approaches through a user's body so that a transmitter or a receiver separates from a user's body physically, and is arranged (however, both a receiver and a transmitter are combined with the surrounding ground (ground)) and a transmitter and a receiver become combinable [ which it is capacitive ], data and power will be transmitted. For example, a transmitter can suspend transmission of a data component until it is told about association with a receiver (for example, loading measurement). In the embodiment of further others, a user can attach two or more receivers to the body. This receiver can also transmit data to other receivers. A modulation technique like the spectrum diffusion FM, Time Division Multiplexing, or Frequency Division Multiplexing uses a separate modulation parameter, respectively, and makes simultaneous operation of multiplex transmission easy.

[0012] This invention is applicable to various extensive applications which reach by the data transfer "in the body" (for example, between the paging device in shoes, and the display devices of a wrist watch) from the exchange "between the bodies" of the digital information between the individuals by physical contact (for example, handshaking) to the device which enables the communication link between the environments very near a user and the user. The important example of the latter category relates to using the static electricity device which can be worn for security or other purposes. An external reader (namely, transmitter) can detect data by receiving a tag to a return signal by loading fluctuation. As an alternative, a reader is carried by the user, and can specify namely, identify an item in the item which was able to attach many tags (for example, the contents which were able to attach the tag of the box in a warehouse are determined).

[0013] This approach is advantageous by both cost and weight to the conventional RFID. As mentioned above, a far field device or a static magnetism device needs the antenna for transmitting radiant flux or receiving. In contrast with this, since this invention operates in static electricity, it is small (comparing with wavelength), the electrode of the configuration of arbitration can be used, and the coil for flux association is not required.

[0014] Although repeated, this invention extends an effective operating range sharply exceeding the bond distance of free space (that is, any support cannot be found) by using the body as some

media for signal transduction, i.e., a circuit. For example, even the tag for RFID the signal was carried within a user's pocket from the floor mat, or a user's head was tagged can be transmitted easily, and the distance is numbers of times the distance of the joint range of free space. To be sure, the small bond distance relevant to the static electricity device is often useful. In an environment with the item (it is (like a warehouse)) to which many tags for RFID were attached, although the system using broadcast of energy is combinable with many immediately near tags, on the other hand, association in the static electricity system can be restricted to the item as which specification was chosen, without committing the risk combined with the item to which other tags were attached by chance.

[0015] Generally according to this invention, a transmitter and a receiver are combined through the ground of a user and the room. The body works as a good conductor combined with a receiver and a transmitter in capacity. however, a transmitter -- capacitive association -- a user's body -- and it passes as the displacement current (displacement current) from a user's body, and power and AC signal (general -- from 100kHz up to 10MHz) of the low frequency which carries both data are generated. Since a transmitter and a receiver are not directly combined with each other, the ground of the common room offers the feedback loop of a current.

[0016] On a low frequency, radiation of RF energy serves the body as the minimum capacitive load. Therefore, actuation of this invention has big resistance to tapping and interference, and does not go within the limits of the governmental regulation directed to the radiation system. The transmitter by this invention can be equipped with a signal generator and the electrode of the pair sometimes called an "internal" (that is, near by user's body) electrode, and a "external" electrode. A signal generator generates the modulating signal which fluctuates an inter-electrode electrical potential difference. since a user's body is approached in capacity and it is combined with it, an internal electrode is generated with the potential of an electrode -- "-- the displacement current passes a user's body by semi- static electricity" place. An external electrode is put on sense to which association to the ground of the room becomes strong rather than an internal electrode. By contrast, for the application combined with a surrounding environment, the electrode for touch-down is directly connectable with the ground of the room.

[0017] A receiver can be equipped with the detector (circuit)/demodulator (circuit) which acquires the data component of the rectifier circuit which changes the electrode of a pair, and the power component of the transmitted signal into an usable direct

current, and the transmitted signal. In order to receive the displacement current which passes a user's body, one of the electrodes approaches a user's body in capacity, and it is combined with it. The current included in a received electrode passes through a rectifier circuit and a detector, and faces to another electrode after that. Another [ this ] electrode is combined with the ground of the room in capacity in un-contrasting, in order to complete the connection path of a circuit. By this asymmetric association, the potential difference occurs in inter-electrode.

[0018] Generally the receiver based on this invention includes the active circuit which extracts power from the transmitted signal, in order to support actuation. However, as mentioned above, in some modes, the receiving circuit is passive and data are transmitted by modulating the electrical characteristics detected by the transmitter.

[0019] Both the above explanation will be more easily understood from detailed explanation of the following this inventions by referring to an attached drawing.

[0020]

[Embodiment of the Invention] Drawing 1 is the power in the body based on this invention, and between the body, and the generalization Fig. of data transmission, and shows that an environment is used as capacitive association to the body of the displacement current, and the feedback loop of a current. The typical arrangement shown in drawing 1 is effective to both the modes of capacitive association of the inside of the body and the outside of the body. By a diagram, Transmitter T adds the AC signal  $V_t$  to User's P body through capacitive association shown as a capacity  $C_{tb}$ . This signal passes a user's body and faces to Receiver R this time also through the capacitive static electricity-association shown by  $C_{br}$ . Transmitter T, Man P, and Receiver R -- all -- respectively -- capacity  $C_{tg}$ ,  $C_{bg}$ , and  $C_{rg}$  -- it comes out, and it is combined with the surrounding gland in capacity as shown. (The system which uses the transmitter of the exterior or a perimeter is directly connectable with a gland so that reference may be made below) . Such capacity may be association of air and the ground and Man's P circumference matter (piping, a metal cabinet, the rivet for reinforcement, etc. are needed) may be contributed to  $C_{bg}$  and  $C_{rg}$ . Generally, such capacity is 10-100pF order. Although not illustrated, various parasitic capacitance exists. Although these are so small that they can usually be disregarded, they may block actuation depending on a configuration. It is "Personal area networks of Zimmerman to minimize them to predetermined operation about the more detailed handling of the static electricity model which contains a parasitism capacitor although it is fully this contractor's technical within the limits. :

It is indicated by nearfield intrabody communication and "IBM System Journal 35(3):609-617 (1996).

[0021] With the configuration of association between the bodies, Transmitter T separates from Man P physically, and is arranged. For example, in a penetration control security-protection system, it can connect with the electrode attached in the side pole, or (it works as an electrode) Transmitter T can be connected to the doorknob itself. The magnitude of  $C_{tb}$  reaches level with User P sufficient only when a user (or thing incidental to a user) approaches near very much by coming to combine with the electrode of a transmitter in static electricity as a user approaches to join together. Therefore, when the body as a static electricity-conduit does not exist, it is so small that association between a transmitter and a receiver can be disregarded if it is not mutually brought to less than several cm. The body extends the joint range to several m on parenchyma. Transmitter T is connectable with the ground (it being combined with a surrounding environment, and it removing  $C_{tg}$ , or not making it decrease sharply at least).

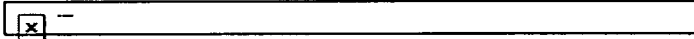
[0022] In association in the body, a transmitter and not only a receiver but a user is combined in environment on the surrounding ground. generally, the power source is attached to Transmitter T, it gets down, and Receiver R samples power from the current added to the body (namely, the capacitors  $C_{tb}$  and  $C_{br}$  -- minding) by the transmitter. although power can be supplied to Transmitter T from the conventional voltage source (for example, dc-battery) -- this approach -- getting twisted -- weight and cost will increase to operation suitable for incorporating in respect of others, so that it may not be conspicuous on a user's clothes. Therefore, it is more desirable to sample mechanical energy from a motion of a user and to supply power to Transmitter T with a means to change it into power. As indicated by the above-mentioned Zimmerman, for example, when the pile (piezoceramic pile) of a piezo ceramic is placed into a user's shoes and a user walks, the power which repeats bending \*\*\*\*\* of piezo \*\* and charges a capacitor can be generated. In spite of the electric impedance of the body, it turns out that the power which is generated by this approach and applied to a receiver through a user's body is enough to drive the electrical circuit of a receiver.

[0023] In one approach for exchanging the data between the receiver attached to the body, and the transmitter (however, arranged outside more typically) which can be similarly attached to the body, a receiver changes the load given to a transmitter with time amount. Therefore, in actuation in in the "loading mode (loading mode)" of this time domain, a receiver transmits an informational bit to a transmitter effectively by modulating the equivalence load (Thevenin



equivalent load) of TEBUNAN with which a transmitter is combined. Generally, it is [0024].

[Formula 1]



[0025] For example, about 1.5mW power is available to a receiver 50V.

[0026] In deformation of this approach, a transmitter (constituted as a transceiver) excites a resonator using the signal of a narrow-band or a broadband. Next, a transmitter stops transmission and detects the ringdown (ringdown) of the stored energy told to the resonator by the excitation signal. In this way, this approach measures the periodic damping of the energy of the receiving inside of a plane which brings about a frequency response characteristic (based on the value of the component part of a resonator) rather than detects the property of a receiver proper like an impedance.

[0027] The instantiation-receiver in the simplest configuration "can transmit" only the single bit which cannot change an own impedance, therefore identifies self to a transmitter is shown in drawing 2. A transmitter gives the change in the output current of the electrical potential difference which carries out time amount change with the resonance frequency of the circuit of a receiver, therefore the transmitter produced as a result by change of the given impedance. It is never an obvious thing that the small fluctuation of an impedance (or existence of energy and attenuation which were stored in resonance structure in more detail) is certainly detectable through the body so that it may be made easy by this invention.

[0028] A fundamental receiver is an LRC circuit which consists of the electrodes 200I and 2000 of a pair shown as internal electrode 200I and external electrode 2000, respectively, an inductance 202, capacity 204, and resistance 206. Although an inductance 202 can be used as the device of a lumped element (lumped-element) or a simple substance, it does not need to be a coil (as [ need / by the system combined magnetically ]) coil. It turns out that a component (inductance) 202 can be deleted as a practical question. Electrodes 200I and 2000 are combined with the ground of the room (minding Crg), and (minding Cbr) a user respectively in capacity and asymmetrically. Typically, it is attached to the body so that it may contact, and on the other hand, a receiver is placed towards immediately near whose electrode 200I is some a user's bodies, or the environment where electrode 2000 is the exterior.

[0029] Even a "single bit" receiver which was mentioned above has many practical applications. Since the peak of loading is generated in specific resonance frequency, that frequency (this frequency is determined by the value chosen to component parts 202 and 204) can be

used in order to identify a receiver. Therefore, a security system can be equipped with the transmitter which impresses the electrical potential difference which carries out time amount change on the frequency beforehand decided to be a doorknob. or [ that, as for a transmitter, a user will approach a doorknob if a user carries the receiver which the resonance frequency adjusts with the output of a transmitter ] -- or if it touches, the peak of loading will be detected through a user's body. If that is not right, the loading level of criteria shows mismatching. In fact, since a receiver can be made very small and lightly, a user has the resonance frequency from which each differs, and can attach the receiver of front cone shoes to the body for the bit according to individual. Transmitter T can equip the sweep circuit which can add AC (alternating current) signal on a series of continuous frequencies gradually, the peak of loading is followed and existence (namely, bit in a frequency domain) of the specific receiver which Man P has is detected in static electricity. In other words, each can define a series of resonance frequency corresponding to a bit, and the existence of the receiver in such each frequency expresses the binary condition of a corresponding bit. The more the quality factor (Q is indicated in Q factor and the following) of the resonator of a receiver becomes high, it becomes easy to detect a receiver and, the more it can be close brought more in frequency.

[0030] A receiver is the approach a transmitter is detectable and it was able to make it however, more convenient for the electric property to change about time amount more generally. By changing the response to the received electrical energy alternatively, a receiver "can tell" information effectively. [ carry namely, ] One application of this approach makes it easy to detect a property continuously. the capacitor of a resonator can contain the dielectric matter which the electrical characteristics answer temperature , humidity , light , or the change of the situation of the exterior like the magnitude of a force add , and change as indicate by the United States patent application 60th which all that contents of an indication be include in this specification , and require it for reference / 236 ( it will submit in December , 1996 ) . [ 033 and 236 ] A capacitor can contain as a dielectric the sheet of poly vinylidene JIFURORAIDO (polyvinylidene difluoride (PVDF)) in which the property of both piezoelectric and a pyroelectricity (pyroelectric) property is shown. Therefore, the transmitter combined with the receiver in static electricity can detect the situation by the resonance frequency of a receiver equipped with such a resonator answering an external situation quantitatively continuously, and changing, therefore detecting the value of resonance frequency (using the sweep generator

for example, in a transmitter).

[0031] It can be used in order to transmit a series of bits [ in / for the modulation of a response of a receiver / a time domain ] as an alternative. In order to realize this, additional components or an additional device 208 is connected by turns to a circuit by the switch 210, or it is cut from a circuit. If a device 208 is connected, the impedance of a receiver will change and it will be detected by the transmitter as change of loading. Substantially, change by which loading according to the pattern showing information is repeated is amplitude modulation. If wished, AM carrier can contain the subcarrier to which itself encodes the signal with which others were modulated (for example more good noise resistance). For example, it can restore to AM carrier to the square wave from which pulse width (the change expresses the FM encoding of data) changes.

[0032] If a device 208 is parasitism resistance or the clamp diode of a pair, Q of the circuit of a receiver will change by connecting a device 208. If a device 208 is a capacitor or an inductor, resonance frequency will change. It calls it "frequency shift keying" (FSK) to change "Q switching", a call, and resonance frequency for changing Q of a receiver here. An active circuit is needed as well as Q switching or FSK. That circuit consists of the chips or circuits 212 of a microcontroller, and it connects with a switch 210, and this circuit consists of [ it is a time pattern corresponding to the stream of a binary data, and ] one embodiments so that this switch may be opened or closed. A microcontroller 212 obtains power from a power circuit, and a power circuit is connected to an LRC circuit and it obtains power from the signal transmitted to Electrodes 200I and 2000 in static electricity. The power circuit 214 consists of the rectifier circuits and charged capacitors (charging capacitor) which keep DC (direct current) output comparatively constant in spite of fluctuation of the electrical energy of the LRC circuit produced by actuation (namely, "transmission" of a bit) of a switch 210. Since the power impressed to a microcontroller 212 is comparatively fixed, it becomes a part of loading level of the criteria of the whole circuit simply.

[0033] In an instantiation-mode, a receiver consists of an inductor of 9.5mH(s) according to individual, a RFID chip (for example, selection of V4050 chip offered by EM Microelectronic-Marin SA, however a RFID chip is not important), and two electrodes. V4050 chip is the device of two pins which can operate, as the data stored by Q switching are transmitted. Since it contains the incorporated 170pF capacitor (namely, capacity 204), a receiver resonates by 125kHz and also fits the rectifier circuit further. this chip -- moreover, the advance to second base which is equipped with the eliminable read-

only memory electrically [ programmable 1kbit ] (namely, thing combined with a chip in capacity through a user's body), and is stored in own memory by the transmitter -- Q switching is performed according to a pattern. As mentioned above, an inductor can be removed without having effect destructive about the rate of the reading range or a data transmitting error. In the current context, the "reading range" means the maximum distance between a user's body (or the incidental object) and the electrode of a transmitter, and is usually the order of cm.

[0034] He can understand as follows the approach in which the data from a receiver are read by the transmitter. The load sensed by the transmitter with the resonance frequency of a receiver is mainly capacitive. Therefore, the phase of the equivalent impedance  $Z_{th}$  of TEBUNAN seen from the transmitter is  $-\pi/2$  mostly, and  $Z_{th}$  can be expressed with  $Z_{th}=1/j\omega C_{th}$ . Here,  $C_{th}$  is the real number and expresses the equivalent capacity of TEBUNAN. Under this assumption, only the value of  $C_{th}$  changes as a result of Q switching or FSK (that is, the phase of  $Z_{th}$  is still  $-\pi/2$ ). It is equal to measuring the capacity  $C_{th}$  modulated in digital one to detect after all the bit "was transmitted" by the receiver. This is realizable using the circuit of the accepted transmitter shown in drawing 3. This circuit consists of an AC voltage source 300 and an inductor 302, and it is connected so that  $C_{th}$  may become a part of serial LC tank circuit. That is, an inductor 302 is combined with a user in capacity through an electrode (shown by connection with  $C_{th}$ ), and a user attaches to the body the receiver which generates  $C_{th}$ . It is in agreement with the electrical potential difference between  $C_{th}(s)$  as well as  $V_c$ . A voltage source 300 is driven with the resonance frequency of a tank circuit. That is, the reference value  $C_0$  over  $C_{th}$  is calculated about the Q switching or the FSK circuit in the condition of being equivalent to a zero bit, and a voltage source 300 is [0035].

[Formula 2]

$$\boxed{\times} \quad -$$

[0036] It comes out and drives. Here,  $L$  is the value of an inductor 302. If operated like, a transmitter will detect this by [ which change a condition into one bit with the circuit of a receiver (that is,  $C_{th}$  changes from  $C_0$  to another value  $C_1$ ) ] detecting change of the amplitude of  $V_c$ , or a phase. A transmitter is [0037] in alternative.

[Formula 3]

$$\boxed{\times} \quad -$$

[0038] since -- [0039]

[Formula 4]



[0040] It can design so that change of the resonance frequency through which it passes may be detected. The circuit of a fundamental transmitter can take various gestalten based on the general approach shown in drawing 3 . For example, a transmitter can contain a Tesla coil with a suitable alignment feedback circuit (tuning feedback circuitry), in order to raise a transmitted electrical potential difference and data sensibility.

[0041] Substantially, although Q switching or FSK does amplitude modulation of the  $V_c$ , a synchronous detection can be used for  $V_c$ , right-angle detection (a right-angle recovery, quadrature detection) can be used for this better \*\*, and it can detect. One circuit for which were suitable is shown in drawing 4 . This circuit is equipped with the right-angle sine wave oscillator (quadrature sinewave oscillator) 400 which can operate by 125kHz, and this oscillator drives the serial LC tank circuit which consists of an inductor 402 and  $C_{th}$  (an inductor is combined with  $C_{th}$  in static electricity through a user's body). The output of a tank circuit is applied to a band pass filter 404, a noise and interference are removed and the output of a band pass filter is applied to the voltage multipliers (voltage multiplier) 4061 and 4062 of a pair. The rectangular output and inphase output of an oscillator 400 are applied to the input terminal of another side of voltage multipliers 4061 and 4062, respectively. The output of a voltage multiplier is applied to the electrical-potential-difference adder 410 next, and the output (this expresses the modulated data) is applied to the 2nd band pass filter 412. A microcomputer 415 (for example, PIC16LF84 microcontroller offered by Microchip Technology Inc., Chandler, and AZ) receives this data, and sends it to the programmable microcomputer 417 which interprets this data. A microcontroller 415 can forbid actuation of an oscillator 400, in order to program EEPROM and to make transmission of the data to a receiver easy by 100% AM of a sending signal.

[0042] Operation of a right-angle detector circuit is indicated by Nivi and Passive Wearable Electrostatic Tags (MIT Thesis, 1997/9) in more detail, and the contents of an indication are incorporated as reference, although it is not important here. Other approaches (for example, phase shift keying, spectrum diffusion, FM) which encode data are available.

[0043] In alternative approach, a user's body is used as a bidirectional communication channel, and the device attached to the body actually (only not modulating detectable electrical

characteristics) transmits information. But the device attached to the body obtains power from the signal added to a user's body simply. That is, the power which drives the circuit of a transmitter adds the signal which contains data in a user's body so that it may be detected by the receiver. Usually, the external device which adds a power signal also reads a data signal. Therefore, although a function differs from a circuit, generally as for the device attached to the body, and an external device, both operate as a transceiver. Here, the vocabulary a "transceiver" can receive power and/or data and means further the device in the semantics of the wide sense which can transmit power and/or data as used on these specifications.

[0044] It is important to maintain the component of power and a data signal disengageable in this approach. On the other hand, since it is transmitted directly and a signal does not mind loading change, it can use the coding technique of a more traditional signal.

[0045] An example of the transceiver circuit constituted in order that drawing 5 might interact with the transceiver arranged to the object for data transmission in the living body or the exterior is shown. However, data are directly transmitted through a signal modulation in this case. A circuit can be widened to the bidirectional data exchanges and can be fitted to data coding of other formats so that it may explain below. having illustrated -- a circuit -- a pair -- an internal electrode -- 500 -- I -- 500 -- I -- ' -- and -- a pair -- the exterior -- an electrode -- 500 -- o -- 500 -- o -- ' -- having -- \*\*\*\* . Here, generally, the internal electrode is attached to the body so that the body of the user very near a user's body may be contacted, and another side and an external electrode are placed towards the surrounding environment. Electrodes 500I and 500o are connected to the juxtaposition LC tank circuit which consists of an inductor 502 and a capacitor 504. When a juxtaposition tank circuit operates as an alignment receiver and its frequency of the impressed power signal corresponds with the resonance frequency of a tank circuit, maximum current flows. High resonant impedance is almost equal to the impedance of a power signal, and its impedance of a power signal is also high because of a small capacity relevant to having joined together through the body. In actual actuation, power is transmitted over the surrounding quite large frequency band of resonance frequency, and the magnitude of a band is mainly determined by Q of a receiver. Of course, when the internal impedance of a receiver and the impedance of a power source are in agreement, maximum electric power is outputted.

[0046] The received power signal is added to a full wave rectifier circuit 510. The impedance of a tank circuit can be made (are in agreement with the impedance of a rectifier circuit also here by

combining a rectifier circuit with a tank circuit through an impedance matching coil for the optimal transfer of power.). Here, an impedance matching coil is rather combined with an inductor 502 magnetically rather than it is based on connection with the both ends of a capacitor 504. A microcontroller or a microcomputer 512 sends power to the serial LC tank circuit which consists reception and an output signal of an inductor 514 and a capacitor 516 from a rectifier circuit 510. Electrode 500I' and 500o' are connected to the both ends of a capacitor 516. A device (a microcontroller or microcomputer) 512 (for example, as mentioned above, it can consider as PIC 16LF84 chip) generates the output signal which consists of a pulse train of the binary signal corresponding to a data message at the time of actuation. This signal drives a serial LC tank circuit, and a tank circuit adds AC signal generated by the body as a result through electrode 500I' and 500o'. Yes corresponding to a data bit - The low "digital FM" (FSK) signal which signal transition can modulate the frequency of the signal generated by the serial tank circuit, and can restore to a receiver is generated. Since a system noise is made into the minimum and generally simplifies a recovery, a power signal differs in the frequency from an output frequency band.

[0047] Therefore, in the most fundamental implementation, the circuit shown in drawing 5 receives power, and only generates the data signal added to the body. As the broken line showed, a circuit can operate as a full duplex or a transceiver of a half-duplex by connecting the output of a juxtaposition tank circuit to the data input terminal of a device 512 (that is, it being processed also as received data again, although a signal is received by Electrodes 500I and 500o for power). With this configuration, the device 512 is programmed to detect and interpret the modulation within an input signal, and does not influence fixed DC output of a rectifier circuit 510 (therefore, power is transmitted through the carrier and data in a signal modulation in fact). It is even possible by constituting a rectifier circuit 510 in fact, so that a data signal can pass as ripple voltage, and constituting a device 512 so that these electrical potential differences may be detected to exclude the excessive connection with a device 512.

[0048] A device 512 can generate an output signal based on a received-data signal. When many of such circuits attached to the body communicate mutually, a full-duplex is desirable in order to guarantee supplying power to all devices continuously (the interruption in an input signal uses the charged capacitor in a rectifier circuit 510, when short certain enough, and a half-duplex is possible). For example, when the input signal has been modulated from the threshold (threshold duration) of duration for a long time,

a device 512 can be programmed to interpret as what shows that there is no transmit data about this condition.

[0049] Drawing 6 shows another transceiver which can transmit both data and power, and it conforms so that it may be used for the device so attached to the body with which it interacts as a "reader" which supplies power. An inductor is connected to the inversed input terminal of an operational amplifier 534 although electrode 500I' and 500o' are connected to the capacitor 530 and inductor 532 which are constituted as a serial LC circuit also here in this circuit. Here, this operational amplifier 534 is constituted by the diode which turned to reverse mutually, capacitor, and resistor of the pair of juxtaposition connected between that inversed input terminal and output terminal as a buffer. One or more gain stages 540 amplify the output of a buffer 536, and the amplified signal is sent to the FM detector circuit 542. This circuit is a phase locked loop (PLL) which consists of a phase comparator 544, a low pass filter 546, and a voltage controlled oscillator (VCO) 548. Finally, the control voltage of VCO is compared with the reference voltage  $V_{ref}$  which is applied to the non-inversed input terminal of the operational amplifier 550 with a certain hysteresis, and is applied to the inversed input terminal of amplifier 550.

[0050] Not only transmission but reception is possible for the circuit shown in drawing 6. The serial tank circuit which consists of a capacitor 530 and an inductor 532 has about 8 Q preferably. When receiving a signal, a serial tank circuit is committed as an alignment receiver to which the sensibility to an input frequency band is made to increase. A filter 546 generates the PLL control voltage which changes linearly to an input frequency with the signal which is inputted into the FM detector circuit 542 and which the buffer was carried out and was amplified. By comparing this electrical potential difference with  $V_{ref}$  with an amplifier 550, the 2 advance force applied to the data input terminal of a device 512 is secured.

[0051] in order to transmit data -- an advance to second base of a device 512 -- a pulse output is applied to the non-inversed input terminal of amplifier 534. The signal with which the amplitude changes is added to the serial LC circuit which the electrical potential difference of an inversed input terminal follows, therefore consists of a capacitor 530 and an inductor 532 by this. This signal is transmitted to the body of the individual in contact with electrode 500I'. The amplitude can be modulated although the frequency of a signal is still fixed. for example, an advance to second base of a device 512 -- a pulse output can be directly transmitted by amplitude modulation. Data can be encoded in



alternative using FSK. In a desirable embodiment, a frequency is shifted from 200kHz to 250kHz, therefore the band of a channel is set to 50kHz. Of course, the format of other data coding is possible. For example, a device 512 can modulate a signal using a pseudo-random code, in order to offer spectrum diffusion coding within the carrier of the broadband which also supplies power to receiving components. In alternative, it is not the frequency of a carrier signal and a phase can be modulated.

[0052] Functioning as a reader in loading mode comes out of a circuit again. In this case, a sinusoidal signal is added to the non-inversed input terminal of amplifier 534 according to a voltage source. The voltage swing of the signal of an inversed input terminal changes as the frequency of the signal approaches the resonance frequency of the device which the transceiver combined in capacity. That is, change of the amplitude is reflecting extent of loading.

[0053] Although not illustrated, a power source like a dc-battery or other voltage sources supplies power to each configuration section currently illustrated. It is also possible to use the thing of low power about the circuit illustrated as a device attached to the body in alternative, and this signal is rectified by the suitable circuit although this device obtains power from the impression signal received through the alignment LC circuit.

[0054] Therefore, it is understood that old explanation shows the convenient and flexible approach against the information interchange between the bodies and in the body. The vocabulary and expression which were used on these specifications are not what used as vocabulary for explanation, and was used in order to restrict. Therefore, in having used such vocabulary and an expression, it is not what meant illustrating and eliminating what is equivalent to the explained description, or a part of [ the ] which. However, it is understood that various corrections are possible within the limits of the claim of this invention.

[0055]

[Effect of the Invention] According to this invention, in the communication device through the body, since a transmitter can use capacitive association and can transmit not only data but power to a receiver, it becomes possible [ reducing the cost and weight of equipment ].

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the communication system based on this invention.

[Drawing 2] It is drawing showing the receiver in "loading mode."

[Drawing 3] It is drawing showing the equal circuit of a loading mode transmitter.

[Drawing 4] It is drawing which furthermore expressed the transmitter in loading mode to the detail.

[Drawing 5] It is drawing showing the addition circuit for fitting a relay to the relay circuit and the object for two-way communication of a fundamental "transmitting mode."

[Drawing 6] It is drawing showing the addition circuit for fitting a relay to the relay circuit and the object for two-way communication of a fundamental "transmitting mode."

[Description of Notations]

200I Internal electrode

2000 External electrode

202 Inductance

204 Capacitor

206 Resistance

210 Switch

212 Microcontroller

214 Power Circuit

400 Right-Angle Sine Wave Oscillator

510 Full Wave Rectifier

---